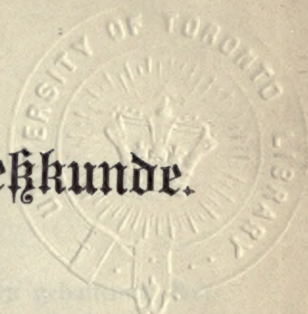

3 1761 07550746 7

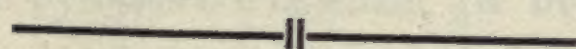


Grundriß der Holzmeßkunde.



Von

Dr. Karl Wimmenauer,
Geh. Forstrat und Professor der Forstwissenschaft an der Universität Gießen.



Frankfurt a. M.
J. D. Sauerländers Verlag.
1907.

Vorwort.

Bei meinen, seit nunmehr fast 20 Jahren gehaltenen, Vorlesungen über die mathematischen Zweige der Forstwissenschaft habe ich es zweckmäßig gefunden, den Hauptinhalt in möglichst kurz und präzise gehaltenen Sätzen zu diktieren; gewissermaßen als Gerippe, dessen Ausgestaltung dann dem mündlichen Vortrage vorbehalten blieb, und zugleich als Disposition für die weiteren Aufzeichnungen und Ausarbeitungen der Studierenden. Diese Diktate haben selbstverständlich im Laufe der Jahre vielfache Umarbeitungen erfahren. Ich glaube aber jetzt soweit zu sein, daß ich es wagen darf, diesen Grundriß zu Vorlesungen über Holzmeßkunde dem Druck zu übergeben.

Um ihn zum weiteren Selbststudium verwendbar zu machen, habe ich zahlreiche Literatur-Nachweise eingeflochten, mich dabei aber auf neuere Schriften beschränkt. Was in jedem Lehrbuche zu finden ist — insbesondere in den Werken, die § 2 aufzählt — schien mir keines besonderen Zitats zu bedürfen.

Gießen, im Oktober 1906.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung.

A. Begriff und Einteilung.

§ 1.

Die Holzmeßkunde lehrt die Ermittelung des Holzgehaltes, Alters und Zuwachses der Holzbestände und zerfällt demnach in folgende 3 Hauptabschnitte:

1. Holzmassenaufnahme (richtiger „Holzgehaltsermittelung") an liegenden und stehenden Bäumen, sowie an ganzen Beständen;
2. Bestimmung des Alters der Bäume und der Holzbestände;
3. Ermittelung des seitherigen sowie Abschätzung des künftigen Zuwachses an einzelnen Bäumen und ganzen Beständen.

B. Literatur.

§ 2.

Neuere selbständige Werke über Holzmeßkunde sind u. a.:

1. Baur, Die Holzmeßkunde, 4. Aufl., Berlin 1891.
2. Kunze, Lehrbuch der Holzmeßkunst, Berlin 1873 (vergriffen).
3. Dessen „Anleitung zur Aufnahme des Holzgehalts der Waldbestände", Berlin 1886, 2. Aufl. 1891.

4. v. Guttenberg, Holzmeßkunde, in Lorey's „Handbuch der Forstwissenschaft", Tübingen 1887; 2. Aufl. 1903, Band III, Abschnitt 9.
5. Schwappach, Leitfaden der Holzmeßkunde, Berlin 1889, 2. Aufl. 1903.
6. Udo Müller, Lehrbuch der Holzmeßkunde. Leipzig 1899 bis 1901.

Auch manche Lehrbücher der Waldertragsregelung oder Forsteinrichtung enthalten die Holzmeßkunde im Abriß, so z. B. diejenigen von Heyer, Weber und Stötzer.

Erstes Kapitel:

Holzmassenaufnahme.

I. Ermittelung der Holzmasse liegender Bäume.

A. Stereometrisches Verfahren.

1. Entwickelung der Kubierungsformeln.

§ 3.

Das stereometrische Verfahren ist nur anwendbar bei denjenigen annähernd regelmäßig geformten Baumteilen, welche als Rotationskörper betrachtet werden dürfen; also insbesondere beim Schaft, bzw. dessen einzelnen Abschnitten.

Die bei letzteren vorkommenden Grundformen sind:

1. Die Walze als Rotationskörper der zur x-Achse parallelen Linie ($y = c$);
2. der gemeine oder geradseitige Kegel, d. i. der Rotationskörper, der zur x-Achse geneigten Geraden
$$\left(\frac{y}{x} = c\right);$$
3. das Paraboloid, d. h. der Rotationskörper der Apollonischen Parabel
$$\left(\frac{y^2}{x} = c\right);$$
4. das Neiloid, d. i. der Rotationskörper der Neil'schen Parabel
$$\left(\frac{y^2}{x^3} = c\right);$$
außerdem kommen
5. Zwischen- und Übergangsformen vor.

Der ganze Schaft setzt sich in der Regel aus verschieden geformten Teilen zusammen.

Vgl. Metzger: „Der Wind als maßgebender Faktor für das Wachstum der Bäume", Münd. forstl. Hefte 1893, S. 35.

§ 4.

Die allgemeine Gleichung der Erzeugungskurve (bezogen auf die Kegelspitze als Nullpunkt) lautet

$$y^2 = p\,x^n.$$

Die Konstante p wird als Parameter und n als Formexponent bezeichnet. Hieraus ergibt sich der Inhalt des Rotationskörpers

$$V = \frac{g\,h}{n + 1},$$

worin g die Grundfläche und h die Schaftlänge bedeutet.

Hieraus folgt für

1. die Walze

$$V = g\,h;$$

2. den parabolisch ausgebauchten Vollkegel

$$V = \frac{g\,h}{2};$$

3. den geradseitigen Vollkegel

$$V = \frac{g\,h}{3};$$

4. den neiloidförmigen eingebauchten Vollkegel

$$V = \frac{g\,h}{4}.$$

§ 5.

Wird der Nullpunkt des Koordinatensystems von der Kegelspitze weg an eine andere Stelle der x-Achse verlegt, so nimmt die Gleichung der Erzeugungskurve die Form

$$g_x = a + b\,x + c\,x^2 + d\,x^3$$

an; jedoch nur wenn der Formexponeut n eine ganze positive Zahl ist. Die hieraus abgeleiteten Kubierungsformeln gelten mithin sowohl für Stutz- als für Vollkegel der in § 4 genannten Arten, nicht aber für Zwischenformen (§ 3, Nr. 5).[1])

[1]) Langenbacher und Nosseck, Lehr- und Handbuch der Holzmeßkunde, I. Teil, Leipzig 1889. (Unvollendet.)

§ 6.

Aus der Kurvengleichung des § 5 lassen sich zahlreiche Kubierungsformeln ableiten, die teils beschränkte, teils allgemeinere Giltigkeit haben und auch für längere Stammabschnitte sowie für ganze Baumschäfte in Vorschlag gebracht worden sind; so insbesondere

1. von Smalian:

$$v = \frac{g_0 + g_n}{2} \cdot h;$$

2. von Huber:

$$v = \gamma h = g_{\frac{1}{2}} \cdot h;$$

3. von Hoßfeld:

$$v = \frac{h}{4} \left(3\, g_{\frac{1}{3}} + g_n\right);$$

4. von Ötzel:

$$v = \frac{h}{9} \left(5\, g_{\frac{1}{4}} + 3\, g_{\frac{3}{4}} + g_n\right);$$

5. von Riecke:

$$v = \frac{h}{6} \left(g_0 + 4\, g_{\frac{1}{2}} + g_n\right);$$

6. von Simony:

$$v = \frac{h}{3} \left(2\, g_{\frac{1}{4}} - g_{\frac{1}{2}} + 2\, g_{\frac{3}{4}}\right);$$

7. von Breymann:

$$v = \frac{h}{8} \left(g_0 + 3\, g_{\frac{1}{3}} + 3\, g_{\frac{2}{3}} + g_n\right);$$

Hiervon gelten Nr. 1 und 2 nur für Walze und Paraboloid; Nr. 3 und 4 auch für den gemeinen Kegel, Nr. 5 bis 7 für alle 4 Formen.

§ 7.

Bei Anwendung der Huber'schen Formel auf den gemeinen Kegel und das Neiloid wird ein Fehler begangen, welcher = $^1/_{12}$ resp. ungefähr = $^1/_8$ der Walze der Endstärken-Differenz ist. Hieraus folgt, daß man bei sektionsweiser Vermessung einen genügend hohen Genauigkeitsgrad erreichen kann.

Die Smalian'sche Formel begeht in jenen Fällen einen doppelt so großen Fehler und ist auch deshalb unpraktisch, weil sie die Messung der oft unregelmäßig geformten unteren Querfläche erfordert.

An demselben Mißstand leidet die Anwendung der Formeln von Riecke und Breymann.

Die Hoßfeld'sche und namentlich die Simony'sche Formel würden daher den Vorzug verdienen, wenn sie auch für zusammengesetzte und Zwischenformen Gültigkeit hätten, was aber nicht der Fall ist.

Weitere teils mathematisch, teils empirisch abgeleitete Kubierungsformeln finden sich in folgenden Schriften:

Oetzel: Neue Formeln zur Berechnung des Rauminhalts voller und abgestutzter Baumschäfte. Wien 1892.

Simony: Die näherungsweise Flächen- und Körperberechnung in der wissenschaftlichen Holzmeßkunde. Wien 1901.

Schiffel: Die Kubierung von Rundholz aus zwei Durchmessern und der Länge. Wien 1902.

N. v. Lorenz: Analytische Untersuchung der Schiffel'schen Kubierungsformel. Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen, 1902, S. 523.

§ 8.

Zur sektionsweisen Kubierung der Baumstämme bedient man sich folgender Formeln, welche aus denjenigen von Smalian, Huber und Riecke abzuleiten sind.

a) bei einer beliebigen Anzahl n der Sektionen:

$$\text{I.} \ldots \quad v = \frac{l}{2}\left\{g_0 + g_n + 2(g_1 + g_2 + \ldots + g_{n-1})\right\}$$

$$\text{II.} \ldots \quad v = l(\gamma_1 + \gamma_2 + \ldots + \gamma_n)$$

wobei g_0 bis g_n die Endflächen, $\gamma_1 \ldots \gamma_n$ die Mittenflächen der Sektionen bedeuten.

b) bei einer geraden Anzahl der Sektionen:

$$\text{III.} \ldots v = \frac{h}{3}\left[g_0 + g_n + 4(g_1 + g_3 + \ldots + g_{n-1}) + 2(g_2 + g_4 + \ldots + g_{n-2})\right]$$

(Simpson'sche Regel.)

§ 9.

Nach Untersuchungen von Ferd. Holl, veröffentlicht in der Österr. Vierteljahrsschrift von 1890 S. 272, hat sich der Gesamtinhalt von 85 Fichtenstämmen wie folgt ergeben:

1. nach Sektionen	= 141,7	fm
2. „ Smalian	= 138,2	„
3. „ Huber	= 143,5	„
4. dgl. in 2 Abschnitten	= 139,2	„
5. nach Hoßfeld	= 138,9	„
6. „ Riecke	= 141,7	„
7. „ Breymann	= 140,4	„
8. „ Simony	= 137,8	„

Dabei wurde für die Anwendung der Formeln von Smalian, Riecke und Breymann die untere Querfläche willkürlich 1 m vom Stammende gemessen.

Nach Kunze (Thar. Jahrb. 1892 S. 274) ergibt die Huber'sche Formel bei Kiefern-Langnutzholz durchgängig zu wenig; der Fehler nimmt aber mit steigendem Durchmesser von 15 bis 3 % ab. Bei Fichtenstämmen fand derselbe (Thar. Jahrb. 1894) nur geringe Differenzen (— 2,7 bis + 3,1 %).

Nach Flury's Untersuchungen an Fichten-, Tannen- und Buchenstämmen liefert die Huber'sche Formel die gesamte Schaftderbholzmasse um 1,4 bis 2,3 % zu groß; für Sägeblöcke u. dgl. dagegen 0,6 bis 3,6 % zu wenig. Mitt. der schw. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen, II. S. 161.

2. Aufnahme der erforderlichen Maße.

§ 10.

Die Messung der Stamm- bezw. Sektionslängen erfolgt mittelst Maßstab oder Meßband und zwar i. d. R. unter Abrundung auf ganze (oder gerade) Dezimeter.

Der Fehler im Kubikinhalt ist hierbei der Größe des Messungsfehlers und zugleich, absolut genommen, der Querfläche proportional; relativ, d. h. in % des richtigen Inhalts ausgedrückt, verhält er sich dagegen umgekehrt wie die Länge.

§ 11.

Die Querflächen werden aus den mit Meßband, Kluppe oder Baumzirkel gemessenen Umfängen oder Durchmessern abgeleitet und letztere (u und d) in der Regel auf ganze cm abgerundet.

Bei nicht kreisrunder Form legt man das arithmetische oder besser das geometrische Mittel aus dem größten und kleinsten Durchmesser zu Grunde.

Der Fehler im Kubikinhalt ist dem Messungsfehler selbst und zugleich, absolut genommen, dem Produkt aus Länge und Durchmesser, relativ dagegen dem Durchmesser umgekehrt proportional.

Bei genaueren wissenschaftlichen Untersuchungen wendet man unter Umständen auch direkte Querflächenmessung, etwa mit Hilfe des Planimeters an.

3. Meßwerkzeuge.

§ 12.

Maßstäbe werden von Elsbeer- oder sonstigem hartem, dem Schwinden und Werfen wenig unterliegendem Holze, 1 oder 2 m lang mit rechteckigem Querschnitt und Metallbeschlag angefertigt und je nach Bedarf in dm oder cm eingeteilt. Statt ihrer dienen zur Messung großer Stammlängen auch Meßbänder von Stahl, Pergament oder Leinen, 10 bis 20 m lang mit Einteilung in dm.

§ 13.

Kluppen oder Gabelmaße zur Durchmessermessung werden von hartem Holz oder Metall angefertigt; zur sicheren Führung des beweglichen Schenkels dienen Feder, Schraube, Keil, Rollen oder schräger Ausschnitt; bei zwei beweglichen Schenkeln Leiste und Nut.

Gebräuchliche Kluppen-Konstruktionen mit einem beweglichen Schenkel rühren her von Staudinger, Ed. und G. Heyer, Schultze, Altenbrück und Friedrich; solche mit 2 beweglichen Schenkeln von Friedrich, Püschel und Stahl.

Der Kluppenmaßstab wird in gerade, ganze, halbe cm oder mm eingeteilt.

§ 14.

Minder gebräuchliche Instrumente zur Stärken- bezw. Umfangsmessung sind:

1. der Tharander Baumzirkel,
2. die Scheibenkluppe von E. Heyer und Staudinger,
3. die Winkelspanne von A. Treffurth,
4. die Heidler'sche patentierte Präzisions-Baummeßkluppe,
5. das Meßband.

4. Berechnung des Kubikinhalts.

§ 15.

Zur Kubierung dienen im allgemeinen:

1. Kreisflächentafeln,
2. Kubiktafeln und
3. die Kubierungskluppe.

§ 16.

An manchen Orten ist für gewisse Sortimente die Kubierung nach Ober- oder Unterstärke (1 m vom Stockabschnitt) gebräuchlich. Hierzu dienen besondere Erfahrungstafeln.

B. Physikalische Methoden.

§ 17.

Der Massengehalt liegender Holzstücke von beliebiger Form kann ohne Messung einzelner Dimensionen bestimmt werden:

1. direkt durch Eintauchen in Wasser und Ermittelung der Menge des verdrängten Wassers (Xylometrisches Verfahren) und
2. indirekt aus dem Verhältnis zwischen absolutem und spezifischem Gewicht. (Gewichts- und hydrostatisches Verfahren.)

§ 18.

Das Xylometrieren erfolgt entweder

1. durch Eintauchen des Holzes in graduierte Holz- oder Blechzylinder und Ablesung des Wasserstandes vor und nach dem Eintauchen; oder

2. bei ungeaichten Wasserbehältern durch Abmessung des verdrängten Wassers in Hohlmaßen; oder
3. durch Einlegen des Holzes in Behälter von bestimmter Größe und Ausfüllen der verbliebenen Zwischenräume mit Wasser oder feinem Sande, dessen Menge gemessen wird.

Haupterfordernis ist, daß das Holz vor dem Eintauchen äußerlich trocken sei und nur kurze Zeit im Wasser bleibe.

§ 19.

Größere Holzmengen werden kubiert, indem man das Gesamtgewicht (G) sowie von einigen charakteristischen Stücken Gewicht (g) und Volum (v), letzteres nach § 18, ermittelt. Dann ist die Gesamtmasse

$$V = \frac{G}{g} v.$$

§ 20.

Bei Anwendung des hydrostatischen Verfahrens bedient man sich, um das Holz zum Untertauchen zu bringen, eines schweren Hilfskörpers, und hat alsdann zu ermitteln:

1. das absolute Gewicht des Hilfskörpers = h;
2. dessen Gewicht unter Wasser = h_1;
3. das absolute Gewicht von Holz und Hilfskörper zusammen = q und
4. dasselbe unter Wasser = q_1.

Hieraus ergibt sich das spezifische Gewicht des Holzes, resp. das absolute Gewicht eines cbdm Holz in kg

$$= \frac{q - h}{(q - q_1) - (h - h_1)}$$

oder der Massengehalt für je 1 kg Holz in cbm

$$= \frac{(q - q_1) - (h - h_1)}{1000\,(q - h)}.$$

C. Aufarbeitung und Kubierung des Holzes nach Schichtmaßen.

§ 21.

Der Festgehalt der Schichtmaße (Raummeter und Wellen) ist abhängig von der Stärke, Form und Länge der Holzstücke

sowie von der Art der Aufschichtung und wird nach Erfahrungszahlen berechnet, welche durch stereometrische oder xylometrische Kubierung einer größeren Anzahl jener Maße für die verschiedenen Sortimente zu ermitteln sind.

§ 22.

Die Ermittelungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalten haben folgende Reduktionszahlen ergeben:

a) Nutzscheitholz

1. Kl. über 30 cm Durchmesser = 80 %
2. „ von 14—30 „ „ = 74—77 %

b) Brenn-Scheitholz, Rundstücke von mehr als 14 cm Durchmesser, meist gespalten:

1. Kl. (vom Stamm) = 72—76 %
2. „ (Astholz) = 65—71 %

c) Knüppel- oder Prügelholz, Rundstücke von 7 bis 14 cm Durchmesser:

1. Kl. (vom Stamm) = 63—73 %
2. „ (Astholz) = 57—64 %

d) Stock- und Wurzelholz = 43—48 %

e) Reisholz in Raummetern

1. Reisknüppel von 4—7 cm Durchmesser.
   α) Stammreisig = 53—60 %
   β) Astreisig = 45—46 %
2. Langreisig, nicht ausgeknüppelt:
   α) Stammreisig = 35—52 %
   β) Astreisig = 16 %
3. Abfallreisig unter 4 cm
   α) Stammreisig = 24—45 %
   β) Astreisig = 13—14 %

f) Reisholz in Normal-Wellen von 1 m Länge und Umfang und zwar nach den unter e bezeichneten Ausscheidungen:

1. α):	p. 100 Wellen		3,46—3,75	fm
β)	„	„	2,17—2,53	„
2. α)	„	„	2,73—2,74	„
β)	„	„	1,87—1,90	„
3. α)	„	„	2,85—3,04	„
β)	„	„	1,64—2,05	„

Für Laubholz gelten in der Regel die kleineren, für Nadelholz die größeren Zahlen; nur bei e 3 β und f 1 α β sowie f 2 β findet das umgekehrte Verhältnis statt[1]).

§ 23.

Die Masse der Rinde, welche zuweilen zum Brennen oder zu gewerblichen Zwecken besonders aufgearbeitet und entweder nach Raummaßen, Raummetern (Rm) oder Wellen, oder nach dem Gewicht verwertet wird, beträgt je nach Holzart, Alter 2c. 4 bis 20 % und mehr der Holzmasse.

1 Rm Rinde enthält 0,3 bis 0,4 fm; 100 Normalwellen Eichen-Lohrinde wiegen grün durchschnittlich 1911 kg bei 2,185 fm und waldtrocken 1131 kg bei 1,480 fm Masse. Demnach entsprechen je 1000 kg Lohrinde einem Massengehalt von 1,14 resp. 1,31 fm; desgl. sind 1000 kg Fichten, Tannen- und Eichen-Altrinde = 1,2 bis 1,4 fm[2]).

II. Ermittelung der Holzmasse stehender Bäume.

A. Methoden der Ermittelung.

§ 24.

Die Holzmasse stehender Bäume kann ermittelt werden

1. durch Abschätzung;

---

[1]) Vgl. Baur: Untersuchungen über Festgehalt und Gewicht des Schichtholzes und der Rinde. Augsburg 1879. — Vorschläge zur Vereinfachung der Reduktionszahlen sind von Baur selbst sowie schon vorher von Rathschlag (Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1861) und von Ed. Heyer (Über Messung der Höhen und Durchmesser 2c. Gießen 1870) gemacht worden.

[2]) Vgl. Baur a. a. O. — Ferner Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1901 S. 375 und 1903 S. 283.

2. durch Berechnung aus Höhen- und Stärkemaßen;
3. durch kombinierte Messung und Schätzung (Formzahlmethoden).

§ 25.

Die bloße Einschätzung der Holzmassen nach dem Augenmaße (Okulartaxation) erfordert große Uebung, ist dabei unsicher und schließt jede Kontrolle aus.

§ 26.

Die Schaftmasse kann berechnet werden

1. nach den Formeln von Hoßfeld, Riecke und Simony aus der gemessenen Gesamtlänge und den erforderlichen Stärkemaßen;
2. nach den Formeln von Huber oder Smalian aus Sektionsmaßen;
3. nach der Preßler'schen Formel

$$v = \frac{2}{3} g \cdot r$$

worin g die Grundfläche, r die sog. „Richthöhe" bedeutet, d. h. diejenige Höhe, in welcher der Schaft noch den halben unteren Durchmesser besitzt.

§ 27.

Das kombinierte Verfahren zur Kubierung stehender Bäume beruht auf Messung der Grundstärke und Höhe und Einschätzung der **Formzahl** (Reduktionszahl), d. h. desjenigen Bruches, welcher das Verhältnis zwischen wirklicher Holzmasse und Grundwalze (Idealwalze) ausdrückt.

Das Produkt aus Höhe und Formzahl (hf) wird von König als Richthöhe, besser als Walzen- oder Formhöhe bezeichnet.

§ 28.

Man unterscheidet:

1. absolute Formzahlen[1]), bezogen auf die oberhalb der gemessenen Grundfläche befindliche Baumhöhe und Holzmasse;

[1]) Vgl. Riniker: Ueber Baumform und Bestandsmasse. Aarau 1873.

2. echte oder Normal-Formzahlen[1]), bezogen auf die Gesamt-Höhe und -Holzmasse und die bei $^1/_{20}$ der Höhe gemessenen Grundfläche.
3. unechte, gemeine oder Brusthöhen-Formzahlen, bezogen auf Gesamt-Höhe und -Holzmasse und konstante Meßhöhe bei 1,3 m vom Boden.

Beide ersteren sind nur von der Stammform, bezw. dem Vollholzigkeitsgrade, letztere ist auch von der Baumhöhe abhängig.

§ 29.

Ferner werden unterschieden:

1. Baumformzahlen, bezogen auf die gesamte oberirdische Holzmasse;
2. Derbholz-Formzahlen, bezogen auf alle oberirdischen Baumteile von mehr als 7 cm Durchmesser;
3. Schaftformzahlen, bezogen auf die Holzmasse des astfreien Baumschaftes.

Beide ersteren werden hauptsächlich für praktische, die letzteren nur für wissenschaftliche Zwecke ermittelt und verwendet; nach Speidels Vorschlag (Allg. Forst- und Jagdzeitung 1894, S. 311) entweder als absolute oder als „Bodenhöhen-Formzahlen", d. h. bezogen auf eine ideelle Grundfläche am Stammende.

B. Hilfsmittel.

§ 30.

Als solche dienen bei der Kubierung stehenden Holzes

1. Instrumente zur Höhenmessung;
2. solche zur indirekten Messung der Stammstärke und
3. Hilfs- und Erfahrungstafeln.

§ 31.

Die einfachsten Instrumente zur Höhenmessung bestehen nur aus eingeteilten Stäben; so die Hypsometer von Mayer-Hoßfeld und Rudnick.

[1]) Von Smalian und Preßler empfohlen. Die angeblichen Vorzüge der echten Formzahlen sind nach Baur nicht stichhaltig. Vgl. auch Allg. Forst- und Jagdzeitung 1898 S. 341.

§ 32.

Gebräuchlicher sind die verschiedenen Senkel- oder Pendelinstrumente und zwar

a) zu direkter Ablesung der Höhen in Metern (oder Fußen) eingerichtet:
   1. Meßbrett von König,
   2. Dendrometer von Winkler,
   3. Spiegelhypsometer von Faustmann,
   4. Höhenmesser von Weise,
   5. " " " Klaußner,
   6. " " " Christen,
   7. " " " Hüni [1]).

b) zur Ablesung in $^0/_0$ der Standlinie:
   Bose's Nivellierinstrument;

c) zu trigonometrischer Berechnung:
   1. Preßler's Meßknecht,
   2. Gefällmesser nach Brandis,
   3. Pendel-Nivellierinstrument und Baumhöhenmesser von Matthes.

§ 33.

Libellen-Instrumente zur geometrischen Höhenmessung sind:

1. Das Universaldiopter von Stötzer,
2. das Dendrometer von Sanlaville,
3. das Hypsometer von E. Heyer und Staudinger;

zu trigonometrischer Berechnung sind dagegen eingerichtet:

4. das Spiegeldiopter von Zimmer und
5. das forstliche Universal-Instrument von Breymann.

§ 34.

Von dem Prinzip des Spiegelsextanten machen zur Baumhöhenmessung Gebrauch:

---

[1]) Vgl. Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen. VIII. Band, 3. Heft, S. 243.

1. Pfister's Höhenspiegel [1]).

2. der Höhenmesser des k. bayr. Forstamtsassistenten Alois Klein in Starnberg [2]).

§ 35.

Vorrichtungen zur indirekten Stärkemessung an hochgelegenen Punkten des Schaftes sind angebracht:

1. am Dendrometer von Winkler,
2. am Hypsometer von Klaußner,
3. am Dendrometer von Sanlaville und
4. am Breymann'schen Universalinstrument.

Bei 1, 2 und 3 erfolgt die Berechnung auf geometrischem, bei 4 auf trigonometrischem Wege.

Besondere Fernrohr-Instrumente zu gleichem Zwecke sind von Friedrich und Starke, von Guttenberg und Wimmenauer konstruiert worden [3]).

§ 36.

Zur Bestimmung der „Richthöhe" dient, neben dem Meßknecht oder einem sonstigen Höhenmesser, das Preßler'sche Richtrohr.

§ 37.

Als Hilfsmittel zur Berechnung dienen die in § 15 bereits erwähnten Kreisflächentafeln, die Preßler'schen Stammtafeln (für Grundstärke und Richthöhe), sowie Logarithmen- und Multiplikationstafeln.

§ 38.

Erfahrungstafeln, welche für gewisse Holzarten, Baummaße, Alter und -Formen die durchschnittliche Formzahl, Form- oder Walzenhöhe oder den Holzgehalt bezw. dessen Sortiments-Verhältnisse angeben, sind enthalten:

---

[1]) Vgl. A. F. u. J. Z. 1880 S. 289, 1881 S. 71 u. 249, 1882 S. 70.

[2]) Vgl. Forstw. Zentralbl. 1904 S. 189.

[3]) Vgl. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1895 S. 335 und 339, 1898 S. 11; Oesterr. Vierteljahrsschrift für Forstwesen, 1896 S. 245; Allg. Forst- und Jagdzeitung 1896 S. 222, 1898 S. 144 und 252, 1899 S. 44.

1. in den älteren bayerischen Massentafeln, auf's Metermaß umgerechnet von Ganghofer und Behm;
2. in den bei der Forsteinrichtung im Großherzogtum Baden gesammelten „Erfahrungen über Massenvorrat und Zuwachs"; 5. Heft, Karlsruhe 1873.
3. in neueren Schriften von Baur, Kunze, Schwappach, Lorey, Schuberg, Wimmenauer auf Grund der Aufnahme-Ergebnisse der einzelnen forstlichen Versuchsanstalten;
4. in den vom V. d. f. V. auf Grund des Gesamtmaterials herausgegebenen „Formzahlen und Massentafeln" für:
   Kiefer, 1890, Schwappach,
   Fichte, 1891, Baur,
   Tanne, 1891, Schuberg,
   Buche, 1898, Horn und Grundner,
   Eiche, 1905, Schwappach;
   Verschiedene Holzarten, 1906, Grundner und Schwappach;
5. in Preßlers „Forstlichem Hilfsbuch für Schule und Praxis".

III. Ermittelung der Holzmasse ganzer Bestände.

A. Methoden.

§ 39.

Gebräuchliche Methoden der Holzmassenaufnahme an ganzen Beständen sind:

1. Abschätzung,
2. Berechnung aus genommenen Maßen und
3. kombinierte Messung und Schätzung.

1. Abschätzung.

§ 40.

Diese kann in dreierlei Weise erfolgen, indem man die Holzmasse entweder:

1. im ganzen oder
2. für die Flächeneinheit oder
3. für jeden einzelnen Stamm besonders

veranschlagt.

2. Berechnung aus genommenen Maßen.

§ 41.

Hierbei dient als Grundlage stets die Auszählung des Bestands nach Stärke- und eventuell nach Höhenstufen (Kluppierung). Die Berechnung des Massengehaltes erfolgt alsdann entweder:

1. mittelst Fällung und Kubierung von Probestämmen oder
2. mittelst Messung an stehenden Stämmen.

§ 42.

Die Auszählung (Kluppierung) der Bestände erfolgt je nach der mittleren Stammstärke in Abstufungen von je 1 bis 5 cm Durchmesser-Differenz. Dabei werden die einzelnen vorkommenden Holzarten und innerhalb derselben nötigenfalls Höhenklassen unterschieden; das Aufnahme-Register (Kluppmanual, Stammzahl-Register) dient zugleich zur Berechnung der Stammzahl- und Kreisflächensumme für jede Baumgruppe sowie für den ganzen Bestand [1]).

§ 43.

Die Protokollführung wird erspart resp. durch mechanische Registrierung der Stammzahlen ersetzt bei Anwendung:

1. der selbstregistrierenden Patent-Meßkluppe von Reuß und Kraft;
2. der Druckregistrierkluppe von Hugo Eck, Revierförster in Gera;
3. der selbstregistrierenden Typenkluppe von J. V. Bodenstein, Österr. Forstzeitung 1892, S. 105;
4. der Registrierkluppe von Buse, Allg. Forst- und Jagdzeitung 1897 S. 412; Forstw. Centralblatt 1897 S. 423.

Zu demselben Zwecke sowie zur mechanischen Summierung der Kreisflächen resp. Holzmassen dienen:

5. die Forstbestands-Massenkluppe von Hirschfeld, Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1888 S. 591;

---

[1]) Vgl. Grundner: Untersuchungen über die Querflächen-Ermittelung der Bestände. Berlin 1882.

6. die Kreisflächen-Zählkluppe von Wimmenauer und Spörhase, Allg. Forst- und Jagdzeitung 1899 S. 253, 1900 S. 151;
7. die Stufenregistrierkluppe des bayr. Försters Hohenadl, Forstw. Centralblatt 1904 S. 15;
8. die Registrierkluppe mit elektrischer Zählung von dem bayr. Forstamtsassessor Wild, Forstw. Centralblatt 1904 S. 275.

§ 44.

Die zu fällenden Probestämme werden für jede vorkommende Holzart resp. Höhenklasse ausgewählt entweder:

1. nach Stärkestufen (Verfahren von Draudt) oder
2. nach Stärkeklassen (Verfahren von Urich und Robert Hartig) oder
3. als Bestands-Mittelstämme (mittlere Modellstämme).

§ 45.

Das Draudt'sche Verfahren erfordert:

1. Fällung von Probestämmen aus jeder Stärkestufe in annähernd gleichem Verhältnis zur Stammzahl der letzteren;
2. Ermittelung des Gesamt-Ergebnisses der Aufarbeitung aller Probestämme, eventl. nach Sortimenten, und
3. Berechnung der Bestandsmasse aus der Gesamtmasse (bezw. den einzelnen Sortimenten) der Probestämme nach dem Verhältnis der Grundflächensummen[1]).

§ 46.

Den praktischen Vorzügen des Draudt'schen Verfahrens, welche darin bestehen, daß es:

1. die gemeinsame Aufarbeitung sämtlicher Probestämme prinzipiell gestattet und

---

[1]) Vgl. Draudt: Die Ermittelung der Holzmassen. Gießen 1860.

2. bei genügender Probestammzahl sowohl die gesamte Bestandsmasse als auch insbesondere die der einzelnen Sortimente mit großer Genauigkeit ergibt,

sind theoretisch folgende Mängel gegenüberzustellen:

3. es erfordert stets eine verhältnismäßig große Zahl von Probestämmen;
4. es führt das grundsätzlich angenommene konstante Verhältnis zwischen Gesamt-Stammzahl und Zahl der Probestämme nicht in allen Stärkestufen gleichmäßig durch und
5. liefert — namentlich bei geringer Zahl der Probestämme — keine genügende Fehler-Ausgleichung.

§ 47.

Soll durchgängig die Zahl der Probestämme in einem konstanten Verhältnis zur Gesamt-Stammzahl stehen, so sind Stärkeklassen von gleicher Stammzahl zu bilden und für jede derselben gleich viel Probestämme von arithmetisch mittlerer Kreisfläche zu fällen und zu kubieren. Die Bestandsmasse wird alsdann ebenfalls nach dem Verhältnis der Grundflächen aus dem Gesamt-Ergebnis der Probefüllung abgeleitet.

Die Anzahl der auszuscheidenden Stärkeklassen ist entweder:

1. gleich derjenigen der Probestämme (Verfahren von Urich)[1]) oder
2. ein für allemal festgesetzt (Verfahren der Deutschen forstl. Versuchsanstalten[2]).

Im letzteren Falle werden für jede Stärkeklasse meist, namentlich bei schwächerem Holze, mehrere Probestämme von gleicher Grundfläche ausgewählt.

§ 48.

Um gegenseitige Ausgleichung der Fehler zu erzielen, welche

---

[1]) Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1862, S. 77.

[2]) Arbeitsplan des V. D. f. V. für die Aufstellung von Holzertragstafeln. S. Ganghofer: Das forstliche Versuchswesen, Band I, Augsburg 1881.

durch unrichtige Auswahl der Probestämme veranlaßt werden können, schreibt das Verfahren von R. Hartig[1]) vor:

1. Stärkeklassen von gleicher Grundfläche zu bilden;
2. für jede derselben gleichviel Probestämme (mittlere Modellstämme) zu fällen und getrennt zu kubieren; hiernach
3. die Bestandsmasse für jede Stärkeklasse besonders oder
4. aus dem arithmetischen Mittel der Probestamm-Walzenhöhen in einem Ansatz zu berechnen.

§ 49.

Werden als Probestämme nur solche von arithmetisch mittlerer Kreisfläche (Bestands-Mittelstämme)[2]) gefällt, so ergibt sich die Gesamtmasse des Bestandes in vielen Fällen, die Masse der einzelnen Sortimente regelmäßig mit geringerer Genauigkeit.

§ 50.

Zu genaueren Aufnahmen, insbesondere zu wissenschaftlichen Zwecken, empfiehlt sich die Anwendung des sog. Massenkurven-Verfahrens nach Kopetzky[3]) und Speidel[4]). Dabei werden die Durchmesser oder Kreisflächen beliebig gewählter Probestämme als Abszissen, deren Holzgehalte als Ordinaten aufgetragen und diejenigen der einzelnen Stärkestufen aus der betr. Kurve abgegriffen.

§ 51.

Soll die Bestandsmasse ohne Fällung von Probestämmen ermittelt werden, so sind folgende Operationen erforderlich:

1. Ermittelung der Bestands-Grundfläche, getrennt nach Holzarten, Stärke- und (ev.) Höhenklassen (§ 42);

---

[1]) Vgl. R. Hartig: Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harze und im Wesergebirge. Stuttgart 1868.

[2]) Vgl. Gerhardt: Die theoretische und praktische Bedeutung des arithmetischen Mittelstammes. Meinigen 1901.

[3]) Centralblatt f. d. ges. Forstwesen 1891 S. 303, 1892 S. 140, 1895 S. 511, 1899 S. 471.

[4]) Beiträge zu den Wachstumsgesetzen des Hochwaldes. Tübingen 1893.

2. Berechnung der Schaftmasse mittelst indirekter Höhen- und Stärkemessung oder nach der Richtpunktsmethode (§ 26, 31—36);
3. Veranschlagung der Astmasse und der Sortimente nach Erfahrungszahlen (§ 38).

3. Kombinierte Messung und Schätzung.

§ 52.

Bei diesem Verfahren erfolgt die Massen-Ermittelung entweder:

1. mit Hilfe von Formzahl- oder Baum-Massen-Tafeln; oder
2. nach Ertragstafeln, bezw. lokalen Bestandstafeln;
3. mittelst der sog. „Abstandszahl".

§ 53.

Bei Anwendung von Baummassen oder Formzahltafeln (§ 38) erfolgt die Bestandsmassen-Berechnung entweder:

1. nach Stärke- und ev. Höhenstufen;
2. nach Stärke- und Höhenklassen; oder
3. nach der mittleren Bestandshöhe und -Formzahl.

Versteht man unter letzterer das Verhältnis zwischen Bestandsmasse und -Grundwalze, so folgt für die mittlere Bestandshöhe der Ausdruck:

$$h = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + \ldots\ldots}{g_1 + g_2 + \ldots\ldots}.$$

Die Messung erstreckt sich auf Grundstärken und Höhen.

§ 54.

Die Abschätzung der Bestandsmasse auf Grund vorliegender (allgemeiner oder lokaler) Ertragstafeln (Bestandsmassentafeln) setzt voraus:

1. die Ermittelung des Bestandsalters sowie
2. der Standortsgüte, wofür innerhalb gewisser Grenzen die Bestands-Höhe maßgebend ist, und

3. die Abschätzung des Bestockungsgrades.

Die Messung erstreckt sich in der Regel auf die Bestands-Höhe und (ev.) den mittleren Durchmesser.

§ 55.

Unter Abstandszahl a versteht man (nach Preßler) das Verhältnis zwischen der Quadratseite der mittleren Standfläche (Standseite = s) und dem Durchmesser des Mittelstammes = d. Also $a = \frac{s}{d}$. Ist diese Abstandszahl durch einige Messungen ermittelt, so ergibt sich die Grundflächensumme G eines Bestandes aus der Gleichung:

$$G = 0{,}7854 \frac{F}{a^2}$$

wobei F die Bodenfläche in qm bezeichnet [1]).

B. Ausführung.

§ 56.

Bei der Wahl des Aufnahme-Verfahrens sind zu beachten:

1. der Zweck der Aufnahme und der hierdurch bedingte Genauigkeitsgrad;
2. die Beschaffenheit des Bestands;
3. die Möglichkeit ausreichender Probefällungen und
4. der zulässige Kosten-Aufwand.

Hiernach ist insbesondere auch zu beurteilen, ob bei Anwendung der Methoden § 41—53 der ganze Bestand oder nur eine Probefläche ausgekluppiert werden soll.

§ 57.

Bei der Bestandsmassen-Aufnahme mit Hilfe von Probeflächen kommen in Betracht:

1. deren Anzahl, Lage und Verteilung innerhalb des Bestandes;
2. absolute und relative Größe und
3. Form derselben und Art der Absteckung und Vermessung.

---

1) Vgl. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1906. S. 37.

Anstatt des Verhältnisses der Flächengrößen kann unter Umständen auch dasjenige der Stammzahlen, Pflanzreihen ꝛc. der Berechnung zu Grunde gelegt werden[1]).

[1]) Vgl. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1891 S 73: Das Kreisprobeflächen-Aufnahmeverfahren des Herrn Oberforstrat Zetzsche. Ferner ebendas. 1906 S. 12.

Zweites Kapitel:

Bestimmung des Holzalters.

I. Ermittelung des Alters liegender Bäume.

§ 58.

Dieselbe erfolgt durch Zählung der Jahrringe auf einem möglichst tief geführten und geglätteten Querschnitt; nötigenfalls unter Zuhilfenahme der Lupe oder eines Farbstoffes und unter Abschätzung der Zahl derjenigen ältesten Jahrringe, welche von dem Schnitt nicht mehr getroffen worden sind.

II. Ermittelung des Alters stehender Bäume.

§ 59.

Das Alter stehender Bäume kann annähernd bestimmt werden:

1. bei manchen, namentlich jüngeren Nadelhölzern durch Zählung der Astquirle;
2. mit Hilfe des Zuwachsbohrers;
3. nach aktenmäßigen oder mündlichen Ueberlieferungen;
4. durch Abschätzung nach dem Augenmaß oder nach anderweitiger Analogie.

III. Ermittelung des Bestandsalters.

A. Gleichalterige Bestände.

§ 60.

Deren *tatsächliches Alter* ergibt sich durch Jahrringzählung an einem oder mehreren Probestämmen oder nach einer der Methoden des § 59.

Abweichend hiervon kommt bei solchen Beständen, welche lange im Druck der Mutterbäume gestanden haben, unter Umständen ein besonderes *wirtschaftliches Alter* in Betracht[1]).

B. Ungleichaltrige Bestände.

§ 61.

Als mittleres Alter eines ungleichaltrigen Holzbestandes ist diejenige Anzahl Jahre anzusehen, welche ein gleichaltriger Bestand auf gleichem Standort bisher gebraucht haben würde, um:

1. entweder die gegenwärtig vorhandene Holzmasse oder
2. zur Zeit der Haubarkeit die nämliche Holzmasse zu liefern wie der ungleichalterige Bestand[2]).

1. Altersklassen flächenweise getrennt.

§ 62.

Das mittlere Alter bezogen auf die *gegenwärtige Bestandsmasse*, ergibt sich:

1. nach erfolgter Holzmassenaufnahme der einzelnen Altersklassen aus der betreffenden Ertragstafel;
2. in Ermangelung einer solchen als sog. „*Massenalter*" nach der Formel von Gustav Heyer:

$$A = \frac{f_1\, a_1\, z_1 + f_2\, a_2\, z_2 + \ldots}{f_1\, z_1 + f_2\, z_2 + \ldots.}$$

oder der gleichbedeutenden Formel von Smalian und K. Heyer:

$$A = \frac{m_1 + m_2 + \ldots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \ldots};$$

3. bei gleichem Durchschnittszuwachs der verschiedenen Altersklassen als sog. „Flächenalter" aus der Formel von Gümbel:

$$A = \frac{a_1\, f_1 + a_2\, f_2 + \ldots}{f_1 + f_2 + \ldots.};$$

---

[1]) Vgl. Lorey: Ertragstafeln für die Weißtanne. Frankfurt a. M. 1884, II. Aufl. 1897. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1882 S. 263.

[2]) Vgl. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1890 S. 277.

4. bei gleicher Flächengröße der einzelnen Altersklassen nach der Formel

$$A = \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_n}{n}$$

§ 63.

Das mittlere Alter bezogen auf die Holzmasse zur Zeit der Haubarkeit, ergibt sich in der Regel übereinstimmend:

1. aus der Ertragstafel;
2. als „Massenalter" unter Zugrundelegung des Haubarkeits-Durchschnittszuwachses berechnet oder
3. als „Flächenalter" — jedoch nur bei übereinstimmender Holzart und Bonität.

2. Altersklassen gemischt.

§ 64.

Das mittlere Alter, bezogen auf die gegenwärtige Bestandsmasse, ergibt sich:

1. aus der betreffenden Ertragstafel;
2. als „Massenalter" aus der Formel

$$A = \frac{m_1 + m_2 + \ldots.}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \ldots.};$$

3. wenn nur die Grundflächensummen der einzelnen Altersklassen ermittelt sind, aus der Formel

$$A = \frac{a_1\ g_1 + a_2\ g_2 + \ldots.}{g_1 + g_2 + \ldots.};$$

4. Bei gleicher Grundflächensumme der Altersklassen annähernd richtig aus der Formel

$$A = \frac{a_1 + a_2 + \ldots . + a_n}{n};$$

d. h. als arithmetisches Mittel der Probestammalter.

§ 65.

Das mittlere Bestands-Alter, bezogen auf die Haubarkeitsmasse, ergibt sich in der Regel übereinstimmend aus dem nach § 64 Nr. 2, 3 oder 4 berechneten mittleren Alter derjenigen Stammzahl aus der höchsten Stärkestufen, welche voraussichtlich bis zum Alter der Haubarkeit ausdauern wird.

Drittes Kapitel:

Zuwachslehre.

§ 66.

Sowohl für einzelne Bäume als für ganze Bestände können — mit Rücksicht auf die einzelnen Faktoren des Holzzuwachses, dessen Zeitdauer, Berechnungsart, absoluten und relativen Betrag — folgende Arten des Zuwachses unterschieden werden:

1. Höhen-, Stärke-, Flächen und Massenzuwachs;
2. laufend jährlicher und periodischer Zuwachs;
3. periodischer, Gesamtalters- und Haubarkeits-Durchschnittszuwachs;
4. rückwärts und vorwärts liegender Zuwachs;
5. absolute Zuwachsgröße und Zuwachsprozent.

I. Zuwachsermittelung an liegenden Bäumen.

§ 67.

Hierzu dient die Zählung und Messung der Jahrringe auf passend gewählten Querflächen des Baumschaftes.

Unter Stamm-Analyse[1]) ist die rückwärtige Verfolgung des gesamten Höhen-, Stärke- und Flächen-Zuwachses während der ganzen Lebensdauer des Baumes, ausgeführt an genügend zahlreichen Querschnitten, zu verstehen.

[1]) Vgl. Lorey: Ueber Stammanalysen, Stuttgart 1880.

A. Höhenzuwachs.

§ 68.

Werden die Jahrringe am Fuße des Baumschaftes und auf einem zweiten Querschnitt in gewisser Höhe (h) über dem Boden gezählt, so gibt die Differenz beider Zahlen dasjenige Alter an, in welchem der Baum die Höhe h erreicht hatte. Durch die Zählung an mehreren, in gemessenen Abständen vom Boden geführten Querschnitten läßt sich daher der laufende Höhenzuwachs eines Baumes periodenweise, durch rechnerische oder graphische Interpolation von Jahr zu Jahr feststellen.

§ 69.

Bei Kernpflanzen im Hochwald erreicht der laufende Höhenzuwachs meist schon frühzeitig sein Maximum, um dann mehr oder weniger rasch zu sinken.

Die Kulmination tritt verhältnismäßig früher ein und das Sinken erfolgt rascher:

1. bei schnellwüchsigen und lichtbedürftigen Holzarten;
2. auf besseren Standorten und
3. bei den herrschenden Stammklassen.

Der Durchschnittszuwachs kulminiert später und zwar dann, wenn er dem laufenden gleich geworden ist; von da ab sinkt er langsamer als der letztere, bleibt also stets größer, während vor jenem Zeitpunkt der laufende Zuwachs den durchschnittlichen übertrifft.

§ 70.

Der relative Höhenzuwachs (das Zuwachsprozent) bildet eine stets fallende Reihe und ist zu berechnen:

1. wenn die Höhe von Jahr zu Jahr verzeichnet ist, nach der Formel:

$$p = 100 \frac{z}{h} = 100 \frac{H - h}{h};$$

2. aus dem periodischen Höhenzuwachs nach der Formel:

$$p = 100\left(\sqrt[n]{\frac{H}{h}} - 1\right);$$

oder nach der Preßler'schen Näherungsformel:

$$p = \frac{H - h}{H + h} \cdot \frac{200}{n}$$

oder etwas genauer nach derjenigen von Kunze:

$$p = \frac{H - h}{H(n-1) + h(n+1)} \cdot 200.$$

B. Stärkezuwachs.

§ 71.

Der Stärkezuwachs läßt sich auf irgend einem Schaft-Querschnitt verfolgen, indem man die Jahrringe periodenweise rückwärts abzählt, die zugehörigen Durchmesser oder Radien in 2 oder mehreren sich kreuzenden Richtungen mißt und für die zusammengehörigen Maße die arithmetischen Mittel berechnet.

§ 72.

Auf dem Brusthöhen-Querschnitt zeigt sowohl der laufende als der durchschnittlich jährliche Stärkezuwachs und das Zuwachsprozent einen ähnlichen Verlauf wie der Höhenzuwachs nach § 69 und 70.

§ 73.

Abgesehen von der Vergrößerung des Stärkezuwachses im Wurzelanlauf nimmt die Jahrringbreite an Baumschäften im geschlossenen Bestande von unten nach oben hin zu; und zwar um so mehr, je besser der Standort, je geschlossener der Bestand und je lebhafter der Höhenwuchs ist.

Bei freistehenden Bäumen findet das umgekehrte Verhalten oder Gleichbleiben der Jahrringbreite am Schafte aufwärts statt.

C. Flächenzuwachs.

§ 74.

Derselbe wird für einen oder mehrere Schaftquerschnitte entweder:

1. aus den nach § 71 ermittelten Durchmessern oder Radien; oder
2. aus rechtwinkligen Koordinaten nach der Simpson'schen Regel berechnet; oder
3. nach Leyendecker[1]) aus der Länge einer geraden Linie s, welche Tangente der inneren und Sehne der äußeren Jahrringgrenze ist, nach der Formel $\frac{s^2 \pi}{4}$ abgeleitet; oder
4. direkt mit dem Planimeter; oder
5. durch Papierwägung ermittelt (Nördlinger).

§ 75.

Der Grundflächen-Zuwachs (in Brusthöhe) ist nicht allein von der Standortsgüte, sondern auch ganz wesentlich vom Bestandsschlusse abhängig. Es erreicht sein Maximum später als der Höhen- und Stärkezuwachs und erhält sich längere Zeit hindurch auf annähernd gleicher Höhe.

§ 76.

Der relative Flächenzuwachs oder das Zuwachsprozent bildet an jedem Querschnitt in der Regel eine stets fallende Reihe und ist immer annähernd doppelt so groß als der Prozentsatz des Stärkezuwachses.

Bei Ermittelung der Jahrringfläche nach § 74 Nr. 3 ist das Zuwachsprozent nur vom zugehörigen Centriwinkel, nicht vom Radius abhängig und $= 100 \operatorname{tg}^2 \frac{C}{2}$.

---

[1]) Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1899 S. 267.

§ 77.

Abgesehen von der Vergrößerung im Wurzelanlauf bleibt der Flächenzuwachs bei prädominierenden Stämmen im geschossenen Bestande am astreinen Schafte aufwärts annähernd gleich oder zeigt eine mäßige Abnahme; oberhalb der Schaftmitte aber zuweilen wieder eine besondere Anschwellung. Innerhalb der Baumkrone sinkt er nach oben hin verhältnismäßig rasch.

An freistehenden Bäumen nimmt der Flächenzuwachs von unten nach oben durchgängig ab; unterdrückte und hochaufgeastete Stämme dagegen verhalten sich umgekehrt.

§ 78.

Der relative Flächenzuwachs nimmt am Schafte von unten nach oben hin durchgängig zu; im Bestandsschlusse aber mehr als im Lichtstande. Der durchschnittliche Betrag desselben findet sich in der Regel zwischen 0,4 und 0,5 der Baumhöhe.

D. Massenzuwachs.

§ 79.

Der Massenzuwachs liegender Stämme kann ermittelt werden:

1. nach dem Sektionsverfahren;
2. aus dem Flächenzuwachs in der Mitte des entgipfelten Schaftes;
3. aus dem Flächenzuwachs in Brusthöhe und dem Höhenzuwachs mit Hilfe eingeschätzter Formzahlen;
4. nach besonderen Formeln und
5. als Durchschnittszuwachs.

§ 80.

Das Sektionsverfahren kommt bei vollständigen Stamm-Analysen in Anwendung. Man teilt den Schaft in eine entsprechende Anzahl gleichlanger Sektionen und ermittelt entweder an den Endflächen oder besser an den Mittenflächen derselben den periodischen Flächenzuwachs nach § 74. Durch Multiplikation

derjenigen Kreisflächensummen, welche dem nämlichen Holzalter angehören, mit der Sektionslänge ergeben sich die betreffenden Schaftmassen; wobei jedoch die Gipfelstücke eventuell noch besonders zu berechnen sind.

§ 81.

Wenn nur der Schaft-Massenzuwachs (Z) der letztvergangenen n Jahre ermittelt werden soll, so genügt eine Untersuchung mit dem Zuwachsbohrer in der Mitte des entgipfelten Schaftes. Ist D der gegenwärtige mittlere Durchmesser ohne Rinde, d derjenige vor n Jahren, so folgt:

$$Z = \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2)$$

Bezeichnet man den Quotienten $\frac{D}{D-d}$ als „relativen Durchmesser" r, so ergibt sich das Zuwachsprozent für Schaft- und Baummasse aus folgenden Preßler'schen Formeln:

1. für die rückwärts liegende n-jährige Periode

$$p = \frac{r^2 - (r-1)^2}{r^2 + (r-1)^2} \cdot \frac{200}{n}$$

2. für die vorwärts liegende Periode:

$$p_1 = \frac{(r_1 + 1)^2 - r_1{}^2}{(r_1 + 1)^2 + r_1{}^2} \cdot \frac{200}{n}$$

Annähernd die gleichen Ergebnisse liefert die Schneider'sche Zuwachsprozentformel:

$$p = \frac{400\,b}{d} = \frac{400}{n \cdot d'}$$

wobei b die Jahrringbreite und n die Jahrringzahl auf 1 cm bedeutet.

§ 82.

Wird nur am Brusthöhenquerschnitt der Flächenzuwachs nach § 74, an den übrigen Schnittflächen dagegen bloß die Jahrringzahl ermittelt, so läßt sich der Massenzuwachs mit Hilfe einer Formzahltafel berechnen.

Derselbe erreicht seinem absoluten Betrage nach sein Maximum noch später als der Grundflächenzuwachs; der Durchschnittszuwachs kulminiert erst in einem sehr hohen Alter.

Das Zuwachsprozent bildet wiederum eine stets fallende Reihe, steht aber durchgängig höher als dasjenige der Grundfläche.

§ 83.

Zur Berechnung des laufenden einjährigen Massenzuwachses dienen:

1. die Breymann'sche Formeln

$$z = m\left(\frac{2\delta}{d} + \frac{\lambda}{l}\right) \text{ und}$$

$$p = 100\left(\frac{2\delta}{d} + \frac{\lambda}{l}\right);$$

worin d und l die Grundstärke und Höhe, δ und λ den laufenden Stärke- und Höhenzuwachs, m die gegenwärtige Holzmasse bedeutet;

2. die von Stötzer[1]) modifizierte Schneider'sche Zuwachsprozent-Formel (§ 81) in der allgemeineren Fassung

$$p = \frac{bC}{d} = \frac{C}{n \cdot d};$$

wobei C eine Erfahrungszahl, die sogenannte Zuwachs-Konstante vorstellt, die meist zwischen 400 und 600 schwankt.

§ 84.

Der durchschnittlich jährliche Massenzuwachs erreicht nach § 82 und 69 erst in einem sehr hohen Alter den Betrag des laufenden Zuwachses, kann also in der Regel nicht für diesen stubstituiert werden.

II. Zuwachsermittelung an stehenden Bäumen.

§ 85.

An solchen kann in der Regel nur der Grundstärken-Zuwachs direkt ermittelt, Höhenzuwachs und Formveränderung höchstens eingeschätzt werden.

---

[1]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1880, Heft 8.

Zur Veranschlagung des laufenden, bezw. künftigen Massenzuwachses bleiben also nur die Methoden Nr. 3 und 4 des § 79 anwendbar.

§ 86.

Um den laufenden Massenzuwachs eines stehenden Baumes zu veranschlagen, ist die Grundstärke sowie deren Zuwachs und die Höhe zu messen; der Höhenzuwachs sowie die Formzahlen einzuschätzen.

§ 87.

Der relative Massenzuwachs stehender Bäume ist einzuschätzen:

1. je nach Kronenansatz und Höhenwuchs zum 2- bis $3^1/_3$ fachen Betrage des Grundstärken-Zuwachsprozents;
2. desgleichen mit Hilfe der Preßler'schen Tafel 24; oder
3. nach der Stötzer'schen Formel $p = \frac{C\,b}{d}$ mit Einsatz einer erfahrungsmäßigen Ziffer für die Zuwachskonstante;
4. nach Schumacher[1]) mit Hilfe der Formel

$$p_3 = \frac{400}{n \cdot d \cdot \sqrt{f}}$$

III. Ermittelung des Zuwachses ganzer Bestände.

§ 88.

Je nach dem vorliegenden Zwecke und der Art der Ausführung sind zu unterscheiden:

1. Ermittelung des Zuwachses normaler Bestände während ihrer ganzen Lebensdauer; d. h. Aufstellung von Ertragstafeln;
2. Ermittelung oder Veranschlagung des Zuwachses einzelner Bestände für gewisse Zeitperioden.

In beiden Fällen erstreckt sich die Untersuchung entweder nur auf den Massenzuwachs oder auch auf dessen einzelne Faktoren (Grundfläche, Höhe, Formzahl ꝛc.).

---

[1]) Forstliche Blätter 1891, Juniheft.

A. Aufstellung von Ertragstafeln.

§ 89.

Hierbei kommen in Betracht:

1. die verschiedenen Methoden der Aufstellung;
2. die Ausführung der erforderlichen Aufnahmen;
3. die Zusammenstellung, Interpolation und Korrektur der Aufnahme-Ergebnisse;
4. der Inhalt der fertigen Ertragstafeln und
5. deren Anwendung.

1. Methoden der Aufstellung.

§ 90.

Der Aufstellung von Ertragstafeln kann zu Grunde gelegt werden:

1. die wiederholte Aufnahme eines und desselben Bestandes während der ganzen Lebensdauer desselben; eventuell mit Interpolation der fehlenden Zwischenglieder;
2. die mehrmalige Aufnahme verschiedener Bestände von gleichem Standort, aber ungleichem Alter, während einer Zeitperiode, welche der größten vorkommenden Altersdifferenz mindestens gleich ist;
3. die einmalige Aufnahme verschiedener Bestände von ungleichem Alter und Berichtigung der Ergebnisse durch graphische Interpolation.

§ 91.

Um in den Fällen des § 90 Nr. 2 und 3 die Zugehörigkeit verschiedener Bestände zur nämlichen Ertragsreihe zu erkennen, sind zwei Verfahren vorgeschlagen worden:

1. das sogenannte „Streifen-Verfahren“ stützt sich auf zahlreiche Aufnahmen normaler Bestände auf verschiedenen Standorten und sucht die richtigen Zuwachskurven graphisch aus Durchschnittswerten abzuleiten;
2. das „Weiser-Verfahren“ legt die Ergebnisse der Stamm-Analyse in einzelnen, sogenannten „Weiserbeständen“, der Bonitierung zu Grunde.

2. Aufnahme der Probeflächen.

§ 92.

Die Aufstellung von Ertragstafeln erfordert folgende Vorarbeiten:

1. Aufsuchung, Absteckung und Vermessung der Probeflächen;
2. Ermittelung der Stammzahl und Grundflächensumme sowie der mittleren Alter, Höhen und Grundflächen für die einzelnen Stärkeklassen;
3. Holzmassenaufnahme durch Kahlabtrieb oder Aufarbeitung von Probestämmen;
4. eventuell auch Vornahme an Stamm-Analysen und
5. wiederholte Aufnahme nach Verlauf einer Reihe von Jahren behufs Ermittelung des Zuwachses.

3. Verarbeitung der Ergebnisse.

§ 93.

Bei Anwendung des Baur'schen „Streifenverfahrens"[1]) wird zweckmäßig zuerst die normale Holzmassenkurve für den bleibenden Bestand jeder Bonitätsklasse gezogen. Dann folgt die Konstruktion der Höhenkurven mit Hilfe gruppenweiser Zusammenfassung der auf gewisse Altersstufen reduzierten Bestandsmittelhöhen. Die Grundflächen werden aus Masse, Höhe und Formzahl durch Rechnung abgeleitet; die Stammzahlkurven endlich wie diejenigen der Höhen durch graphische Interpolation bestimmt.

§ 94.

Als „Weiserkurven" resp. „Leitkurven" für die Abgrenzung der Bonitäts-Streifen und für die Konstruktion der Mittellinien sind neuerdings benutzt worden:

---

[1]) Vgl. Baur: Die Rotbuche in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Berlin 1881. — Bei seinen Fichten-Ertragstafeln (Berlin 1877) hat derselbe Verfasser eine etwas abweichende Reihenfolge der Arbeiten eingehalten. — Auch die Kunze'schen Fichten-Ertragstafeln (Tharandter forstl. Jahrbuch 1877, Suppl. 1) sind ähnlich konstruiert.

1. von Weise[1]), Schwappach[2]) u. a. die Kurven der mittleren Bestandshöhen, abgeleitet aus den durch Stamm-Analysen ermittelten Oberhöhen;
2. von Lorey[3]) und Speidel[4]) die Kurven der Grundwalzen von analysierten Probestämmen der (haubaren) Weiserbestände;
3. von Schuberg[5]) und Lorey[3]) die durch wiederholte Aufnahmen der Probebestände gewonnenen Kurvenstücke.

§ 95.

Die Massenreihen des Nebenbestandes (Durchforstungserträge) sind

1. entweder aus den periodischen Stammzahldifferenzen des Hauptbestandes und der durchschnittlichen Holzmasse der entnommenen Stämme oder
2. durch eigene Aufnahmen, insbesondere durch fortgesetzte Buchführung über die Erträge ständiger Probeflächen zu ermitteln.

4. Inhalt der Ertragstafeln.

§ 96.

Dieser soll nach dem Arbeitsplan d. V. d. f. V. aus folgenden Angaben bestehen:

a) Hauptertragstafeln.

1. Holzalter in Abstufungen von 5 zu 5 Jahren und beginnend mit dem 10. Jahre;
2. Stammzahl und Stammgrundfläche in Brusthöhe, sowie Durchmesser des Mittelstammes;
3. Mittlere Bestandshöhe und durchschnittlich jährlicher Höhenzuwachs;

---

[1]) Ertragstafeln für die Kiefer. Berlin 1880.

[2]) Dgl. für Kiefer (Berlin 1889 und 1896), Fichte (1890 und 1902), Buche (1893), Erle (1902), Eiche (1905).

[3]) Dgl. für Weißtanne (Frankfurt a. M. 1884 und 1897) und Fichte (1899).

[4]) Dgl. für Kiefer (1887, Suppl. der Allg. Forst- und Jagdzeitung).

[5]) Dgl. für Weißtanne (Tübingen 1888) und Buche (1894).

4. Oberirdische Holzmasse, getrennt nach Sortimenten;
5. Gesamtalters- und periodischer Durchschnittszuwachs der Masse;
6. Zuwachsprozent;
7. Bestandsformzahl;
8. Normalvorrat und Nutzungsprozent.

b) Vorertragstafeln.

9. Gesamte oberirdische Masse des Nebenbestandes (ohne Sortimensdetail) bei periodisch wiederkehrender holzartengemäßer Durchforstung.

§ 97.

Bezüglich der Kulmination des Höhen- und Massenzuwachses gelten im allgemeinen die Regeln des § 69. Insbesondere tritt dieselbe nach den meisten neueren Untersuchungen um so früher ein, je besser der Standort.

§ 98.

Für die Abstufung der Bonitäten hat der V. d. f. V. folgende Skala festgesetzt:

Standsortsklasse	Oberirdische Hauptbestandsmasse im 100. Jahre		
	Kiefer	Fichte und Tanne	Buche
I	700 fm	1100 fm	720 fm
II	550 „	900 „	580 „
III	420 „	720 „	460 „
IV	300 „	550 „	350 „
V	200 „	400 „	250 „

5. Anwendungen.

§ 99.

Von den Ertragstafeln wird unter anderem zu folgenden Zwecken Gebrauch gemacht:

1. zur Bonitierung nach Maßgabe der Bestandsmasse oder der mittleren Höhe;
2. zur Abschätzung der gegenwärtigen Bestandsmasse nach § 54;

3. zur Veranschlagung künftiger Holzerträge, bezw. des Bestandszuwachses, bei Forsteinrichtungen und Waldwertberechnungen;
4. zur Lösung forststatischer Fragen, insbesondere zur Bestimmung des vorteilhaftesten Wirtschaftsverfahrens.

B. Zuwachsberechnung für einzelne Bestände.

§ 100.

Hierbei handelt es sich in der Regel um die Veranschlagung des Massen-Zuwachses künftiger Zeitperioden und kommen folgende Methoden in Betracht:

1. Spezielle Zuwachsermittelung am Bestande selbst;
2. Anwendung der passenden Ertragstafel;
3. Aufrechnung des Gesamtalters-Durchschnittszuwachses.

§ 101.

Der laufende einjährige Bestandsmassen-Zuwachs ergibt sich durch:

1. Aufnahme oder Abschätzung der vorhandenen Holzmasse M nach Festmeterzahl oder Geldwert und
2. Ermittelung des Zuwachsprozentes p an Probestämmen.

Dann ist $Z = \frac{M \cdot p}{100}$ und hierin bei Ausscheidung mehrerer Stammklassen

$$p = \frac{p_1 M_1 + p_2 M_2 + \ldots.}{M_1 + M_2 + \ldots..} \text{ oder}$$

$$p = \frac{p_1 G_1 + p_2 G_2 + \ldots.}{G_1 + G_2 + \ldots.}$$

zu setzen. Darin können unter Umständen anstatt der Grundflächensummen die Grundflächen der Probestämme eingeführt werden; ist die Untersuchung in der Schaftmitte erfolgt, so gilt auch die Borggreve'sche Formel:

$$p = 400 \cdot \frac{\frac{d_1}{n_1} + \frac{d_2}{n_2} + \dots}{d_1^{\,2} + d_2^{\,2} + \dots}$$

Jenachdem es sich um die Bestimmung der finanziellen Umtriebszeit oder derjenigen des größten durchschnittlichen Holz- oder Geldertrags handelt, kommt das Weiserprozent:

$$w = p\frac{H}{H + B + V} = (a + b \pm c)\frac{H}{H + B + V}$$

oder die Formel:

$$p \gtreqless \frac{100}{a} \text{ resp. } \gtreqless \frac{100}{a}\left(1 + \frac{SD}{M_a}\right)$$

in Anwendung, worin a das gegenwärtige Holzalter bedeutet.

§ 102.

In gleicher Weise läßt sich der Zuwachs für eine kurze Zeitperiode, höchstens bis zur nächsten Durchforstung, veranschlagen, wobei jedoch auf die stetige Verminderung des Zuwachsprozentes geeignete Rücksicht zu nehmen ist.

§ 103.

Bei Anwendung einer Ertragstafel (oder sonstiger anderweit ermittelter Erfahrungszahlen) kann je nach Umständen in Ansatz gebracht werden:

1. der absolute Betrag des laufenden oder durchschnittlichen Zuwachses;
2. dessen nach Verhältnis der vorhandenen Holzmasse, Kreisflächensumme oder Höhe reduzierter Betrag;
3. das Zuwachsprozent, eventuell unter Berücksichtigung wahrscheinlicher Änderungen.

Jenachdem das benutzte Zuwachsprozent nach Art der einfachen oder der Zinseszinsrechnung bestimmt ist, wird die künftige Holzmasse M entweder

$$= m\,(1 + n \cdot 0{,}\,op) \text{ oder}$$
$$= m \cdot \frac{200 + np}{200 - np} = m \cdot 1{,}\,op^n$$

zu setzen sein.

Bleibt der Bestand nicht geschlossen, sondern findet während n Jahren allmählicher Abtrieb statt, so ist nur ungefähr die Hälfte des Vollbestandszuwachses aufzurechnen.

§ 104.

Die Aufrechnung des seitherigen Gesamtalters-Durchschnittszuwachses liefert innerhalb gewisser Grenzen vor und nach dem Kulminationspunkt desselben brauchbare Ergebnisse; jedoch nur für den geschlossenen Bestand.